

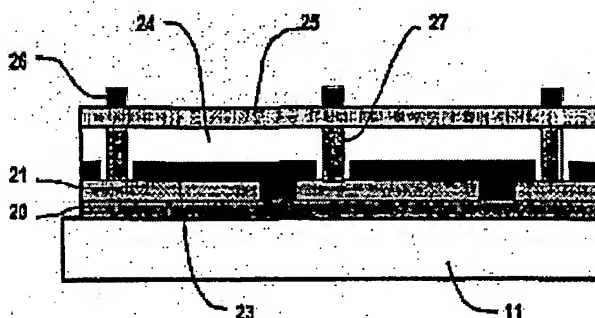
Image detector for electromagnetic radiation is structured in such a way that insulating regions are formed between individual metal electrodes in a photodiode layer

Patent number: DE19944731
Publication date: 2001-04-12
Inventor: HOHEISEL MARTIN (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- **International:** H01L27/146; G01T1/29; H05G1/64; H04N3/15
- **European:** H01L27/146F5; H01L31/0224B; H01L31/08C
Application number: DE19991044731 19990917
Priority number(s): DE19991044731 19990917

Report a data error here

Abstract of DE19944731

Image detector is structured in such a way that insulating regions (27) are formed between individual metal electrodes (23) in a photodiode layer (24). Image detector comprises a matrix (20) made of thin film transistors applied to a substrate (11) with an insulating layer (21) on which metal electrodes (23) with contact holes to the matrix are arranged. A photodiode layer covered by an upper electrode (25) is also provided. The detector is structured in such a way that insulating regions (27) are formed between individual metal electrodes in a photodiode layer (24). An independent claim is also included for a process for the production of an image detector comprising applying a metal layer to an upper electrode and structuring by photolithography so that lattice bars are arranged above the center of intermediate chambers between neighboring lower metal electrodes.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 44 731 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 L 27/146
G 01 T 1/29
H 05 G 1/64
// H 04 N 3/15

②① Aktenzeichen: 199 44 731.4
②② Anmeldetag: 17. 9. 1999
④③ Offenlegungstag: 12. 4. 2001

DE 199 44 731 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Hoheisel, Martin, Dr.rer.nat., 91056 Erlangen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

US 46 94 317
US 44 49 044
EP 04 28 050 A1
WO 98 47 181 A1

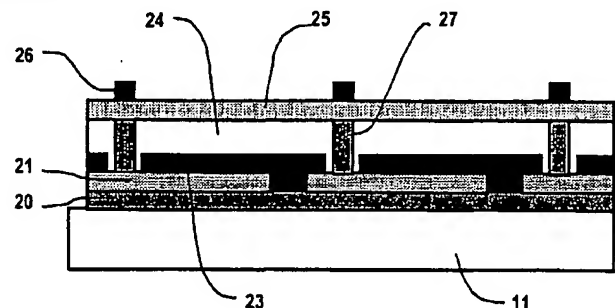
Patents Abstracts of Japan: JP 2-94566 A, E-944,
1990, Vol. 14/No. 292;
Patents Abstracts of Japan: JP 2-69978 A, E-933,
1990, Vol. 14/No. 248;
Patents Abstracts of Japan: JP 2-110969 A, E-952,
1990, Vol. 14/No. 328;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Flächenhafter Bilddetektor für elektromagnetische Strahlen**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen flächenhaften Bilddetektor (5) für elektromagnetische Strahlen (3), bei dem auf einem Substrat (11) eine Matrix (20) aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht (21) angeordnet ist, auf der sich Metallelektroden (23) mit Kontaktlöchern (22) zu der Matrix (20) befinden, mit einer Photodiodenschicht (24), die von einer oberen Elektrode (25) abgedeckt ist. Der Bilddetektor (5) ist derart ausgebildet, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden (23) in der Photodiodenschicht (24) isolierende Bereiche (27, 30) gebildet werden.



DE 199 44 731 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen flächenhaften Bilddetektor für elektromagnetische Strahlen, bei dem auf einem Substrat eine Matrix aus Dünnschicht-Transistoren aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht angeordnet ist, auf der sich Metallelektroden mit Kontaktlöchern zu der Matrix befinden, und mit einer in einer darüber liegenden Ebene angeordneten Photodiodenschicht, die von einer oberen Elektrode abgedeckt ist. Derartige Bilddetektoren werden beispielsweise in Röntgendiagnostikeinrichtungen eingesetzt, wie sie in Fig. 1 dargestellt sind.

In der Fig. 1 ist eine aus der DE 195 27 148 C1 bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer von einem Röntgengenerator 1 mit Hoch- und Heizspannung versorgte Röntgenröhre 2 wiedergegeben, die eine kegelförmige Röntgenstrahlung 3 erzeugt, die einen Patienten 4 durchdringt und auf einem für Röntgenstrahlung 3 empfindlichen Festkörper-Detektor 5 Strahlenbilder erzeugt. Das Ausgangssignal des Festkörper-Detektors 5, die Bilddaten 6, wird einem Bildsystem 7 zugeführt. Das Bildsystem 7 kann Wandler, Bildspeicher und Verarbeitungsschaltungen aufweisen. Es ist zur Wiedergabe der erfaßten Röntgenbilder mit einem Monitor 8 verbunden. Bedienelemente 9 sind über eine Systemsteuerung und -kommunikation 10 mit den übrigen Komponenten der Röntgendiagnostikeinrichtung verbunden.

Derartige Festkörper-Röntgendetektoren sind beispielsweise aus M. Hoheisel et al., Journal of Non-Crystalline Solids Vol. 227-230, 1998, Seite 1300ff, bekannt und in der Fig. 2 im perspektivischen Querschnitt dargestellt. Auf einem Glassubstrat 11 ist eine Schicht, beispielsweise aus amorphem Silizium, mit einer Pixelmatrix 12 von Detektorelementen aus Photodioden 13 und Schaltelementen 14 aufgebracht, wie in Fig. 2 vergrößert dargestellt ist, die durch Zeilen- 15 und Spaltenleitungen 16 verbunden sind. Darüber ist eine Szintillatorschicht 17, beispielsweise bestehend aus Caesiumjodid (CsI), angeordnet, die die einfallende Röntgenstrahlung 3 in sichtbares Licht umwandelt.

Es werden jeweils alle Pixel einer Zeile gleichzeitig von den Zeilentreibern 18 adressiert und ausgelesen. Die Signale werden in einer Vielzahl von Verstärkern 19 parallel verarbeitet. Ein Bild wird im einfachsten Fall Zeile für Zeile progressiv ausgelesen.

Soll ein derartiger Röntgendetektor ein hohes Ortsauflösevermögen aufweisen, müssen die verwendeten Detektorelemente möglichst klein sein. Da die Größe der Schaltelemente und Verbindungsleitungen bei einer Verkleinerung der Detektorelemente unverändert bleiben muß, müssen die Photodioden 13 noch kleiner als das Reduzierungsverhältnis werden. Damit existiert eine untere Grenze für die Größe der Detektorelemente bei vorgegebener Technologie.

Zu weiteren Verkleinerung wurde vorgeschlagen, die Photodioden in einer getrennten Ebene oberhalb der Schaltelemente und Verbindungsleitungen anzuordnen, wobei die Photodioden dann die gesamte Fläche beanspruchen können. Mit einer derartigen Anordnung sind wesentlich kleinere Detektorelemente herstellbar, wobei die Fläche der Photodioden einen hohen Anteil an der Gesamtfläche einnehmen kann.

Dazu wird eine ganzflächige pin-Photodiode aufgebracht, deren untere Elektrode für die einzelnen Detektorelemente strukturiert wird, so daß auch Ladungsträger, die zwischen den einzelnen Elektroden angeregt wurden, vom elektrischen Feld jeweils zu einer Elektrode gezogen und dort gesammelt werden, so daß sie zum Nutzsignal beitragen.

Diese Anordnung weist jedoch den Nachteil auf, daß das elektrische Feld zwischen Anode und Kathode der Photodi-

oden im Bereich zwischen jeweils zwei Elektroden sehr gering wird. Genau in der Mitte verschwindet es sogar gänzlich. Das führt dazu, daß zwar die meisten Ladungsträger aus diesem Bereich gesammelt werden, allerdings aufgrund der geringen Feldstärke wesentlich langsamer als die Ladungsträger, die sich im Bereich der Elektroden befinden. Ein Teil der Ladungsträger wird auch rekombinieren, bevor es überhaupt eine Elektrode erreichen kann. Dies führt zu einer Trägheit des Detektors, die sich bei sich ändernden Eingangssignalen störend bemerkbar machen kann. Diese Problematik ist auch von anderen Bildsensoren her bekannt, wie beispielsweise von M. Hoheisel et al. im Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 90, 1987, Seite 243ff, beschrieben ist.

Weiterhin kann zwischen benachbarten Detektorelementen ein Übersprechen auftreten, das seine Ursache in den Potentialdifferenzen zwischen den Elektroden hat. Dadurch kann das Ortsauflösevermögen eines Detektors in unerwünschter Weise vermindert werden.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, einen Bilddetektor der eingangs genannten Art derart auszubilden, der nur eine geringe Trägheit und wenig Übersprechen aufweist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Bilddetektor derart ausgebildet ist, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden in der Photodiodenschicht isolierende Bereiche gebildet werden. Durch die Einführung eines zwischen den einzelnen Elektroden liegenden isolierenden Bereiches können keine langsamen Ladungsträger der oben beschriebenen Art mehr auftreten und es wird ein Übersprechen verhindert.

Dies kann entweder derart geschehen, daß ein schmaler Streifen des Halbleitermaterials zwischen den Photodioden entfernt wird. Dies erfolgt bevorzugt durch Plasmaätzung der Halbleiterschicht der Diode. Es kann weiterhin vorteilhaft sein, die dadurch entstandenen Oberflächen durch eine Passivierungsschicht zu schützen.

Alternativ kann ein schmaler Streifen nicht beleuchtet werden, damit er hochohmig bleibt und somit die Photodioden voneinander isoliert. Dies soll erfindungsgemäß durch eine strukturierte, für das Szintillationslicht undurchsichtige Metallschicht erfolgen, die auf die Oberseite der durchgängigen Photodiode jeweils zwischen den Detektorelementen aufgebracht wird. Dies hat den Vorteil, daß in der darunter liegenden Zone keine Ladungsträger generiert werden, bei denen die Gefahr einer verzögerten Auslesung aufgrund der dort herrschenden geringen elektrischen Feldstärke besteht.

In vorteilhafter Weise kann in einer ersten Ausführungsform im Bereich zwischen den Metallelektroden die Photodiodenschicht durch schmale Schlitzte zur Bildung einzelner Photodioden getrennt sein.

Es hat sich für die Langzeitstabilität des Bilddetektors als vorteilhaft erwiesen, wenn die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht abgedeckt ist, so daß die Schlitzte ganz oder teilweise ausgefüllt sind.

Als erfindungsgemäße Alternative kann eine entsprechend den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Metallelektroden gitterförmig strukturierte, für die Photodiodenschicht beleuchtenden Strahlen undurchlässige Metallschicht auf der Oberseite oberen Elektrode aufgebracht sein.

In vorteilhafter Weise kann die Photodiodenschicht aus einer Schichtfolge aus Phosphor-dotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, und Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung bestehen ($n\text{-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$).

Bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen Bilddetektors können die schmalen Schlitzte durch Plasma-Ätzen der Photodiodenschicht hergestellt sein.

Die alternative Metallschicht kann auf der oberen Elek-

trode aufgebracht und derart gitterförmig mittels Photolithographie strukturiert sein, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden angeordnet sind.

Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Breite der Gitterstege etwa dem Abstand der unteren Elektroden vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode entspricht.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem Röntgendetektor,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines bekannten Röntgendetektors,

Fig. 3 den Grundaufbau des erfindungsgemäßen Röntgendetektors,

Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Röntgendetektors,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht des Röntgendetektors gemäß Fig. 4 und

Fig. 6 alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Röntgendetektors.

In Fig. 3 ist der Grundaufbau des Bilddetektors 5 dargestellt, bei dem auf einem Glassubstrat 11 eine Matrix 20 aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) mit den dazugehörigen Zuleitungen aufgetragen wird, wie es beispielsweise von L. E. Antonuk et al., SPIE Vol. 3336, 1998, Seite 2ff, beschrieben ist. Darüber wird eine Isolierschicht 21 abgeschieden, die vorzugsweise aus durch Plasma-Deposition (PECVD) erzeugtem, amorphem Siliziumnitrid (a-SiN_x) oder aus Polyimid besteht.

In die Isolierschicht 21 werden Kontaktlöcher 22 geätzt. Dann wird eine Metallelektrode 23 vorzugsweise durch Kathodenzerstäubung aufgebracht, welche die elektrische Verbindung zu den Drainkontakten der TFT in der unteren Ebene herstellt. Die Metallelektrode 23 wird durch Photolithographie derart strukturiert, daß die unteren Elektroden von Photodioden 24 jedes Bildelementes gebildet werden.

Darüber wird die zusammenhängende Photodiode 24 aufgebracht, die aus einer Schichtfolge aus Phosphor-dotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung besteht ($\text{n-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$). Als obere Elektrode 25 wird abschließend eine optisch transparente, leitfähige Schicht beispielsweise Indium-Zinn-Oxid (ITO) aufgebracht, wie es von R. A. Street et al., Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 198-200, 1996, Seite 1151ff beschrieben ist.

Fig. 4 zeigt den Röntgendetektor gemäß Fig. 3 in lateral vergrößertem Maßstab. Auf den derart erstellten Sensor wird die erfindungsgemäße Metallschicht 26 aufgebracht und in Gestalt eines Gitters mittels Photolithographie so strukturiert, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden 23 angeordnet sind. Beispielsweise kann die Breite der Gitterstege etwa dem Abstand der unteren Metallelektroden 23 vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode 24 entsprechen. Dadurch entstehen unbeleuchtete Bereiche 27, in denen keine freien Ladungsträger angeregt werden können. Deshalb gibt es auch keinen zeitverzögerten Beitrag zur Signalladung, so daß man einen Detektor ohne störende Trägheit erhält.

Ein hochauflösender Detektor könnte beispielsweise aus quadratischen Bildelementen von 75 μm Kantenlänge bestehen, wobei der Abstand zwischen je zwei benachbarten Metallelektroden 23 10 μm betragen soll. Die Dicke der pin-Photodiode 24 kann 1,5 μm betragen. Dann sollten die Gitterstege der Metallschicht 26 vorteilhafterweise eine Breite von 7 μm aufweisen. Damit ergibt sich ein Flächenanteil der Photodioden 24 an der Gesamtfläche von 82,2%, während mit der herkömmlichen Technik nur deutlich weniger als 50% erreichbar sind.

Fig. 5 zeigt das auf dem Glassubstrat 11 aufgebrachte Schichtpaket 28, bestehend aus Auslesematrix, Verbindungsleitungen, Isolationsschichten und Photodioden. Darauf wird das oben beschriebene, erfindungsgemäße Metallgitter 29 angeordnet. Da dieses Metallgitter 29 einen wesentlich niedrigeren elektrischen Widerstand als die darunter liegende, optisch transparente, leitfähige Schicht der oberen Elektrode 25 aufweist, wird durch die erfindungsgemäße Anordnung für jedes Detektorelement der elektrische Zuleitungswiderstand vermindert. Dies führt zu einem schnelleren Ladungstransfer und zu einem geringeren Betrag der Zuleitungen zum elektronischen Rauschen des Detektors.

In der Fig. 6 ist ein alternatives Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem auf den gemäß in Fig. 3 erstellten Röntgendetektor eine Photolackschicht aufgebracht und in Gestalt eines Gitters mittels Photolithographie so strukturiert wird, daß jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden 23 Streifen freigelegt werden. Dort wird vorzugsweise durch Plasmaätzen die Schichtfolge der Photodiode 24 entfernt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß die darunterliegende Isolierschicht 21 nicht angegriffen wird. Dabei entstehen die erfindungsgemäßen Schlitze 30. Dadurch können weder langsam reagierende Ladungsträger erzeugt werden, noch kann ein Übersprechen zwischen benachbarten Bildelementen auftreten.

Der Nachteil dieser Anordnung besteht allerdings darin, daß die optisch transparente, leitfähige Schicht der oberen Elektrode 25 ebenfalls unterbrochen werden muß. Dies macht eine weitere, hier nicht dargestellte, leitfähige Schicht erforderlich, welche die elektrische Verbindung der oberen Elektroden 25 gewährleistet. Abschließend wird zum Schutz der gesamten Anordnung eine Passivierungsschicht 31 aufgebracht.

Durch die erfindungsgemäßen Ausbildungen des Röntgendetektors 5 werden die Vorteile einer Photodiode 24 genutzt, die in einer getrennten Ebene oberhalb der Schaltelemente 14 und Verbindungsleitungen 15 und 16 angeordnet ist, und dabei aber gleichzeitig die störende Trägheit vermeiden, die bei den bisher vorgeschlagenen Lösungswegen auftrat.

Die Erfindung ist gleichermaßen auf Röntgendetektoren wie auch auf optische Bildsensoren anwendbar.

Patentansprüche

1. Flächenhafter Bilddetektor (5) für elektromagnetische Strahlen (3), bei dem auf einem Substrat (11) eine Matrix (20) aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht (21) angeordnet ist, auf der sich Metallelektroden (23) mit Kontaktlöchern (22) zu der Matrix (20) befinden, und mit einer in einer darüber liegenden Ebene angeordneten Photodiodenschicht (24), die von einer oberen Elektrode (25) abgedeckt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Bilddetektor (5) derart ausgebildet ist, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden (23) in der Photodiodenschicht (24) isolierende Bereiche (27, 30) gebildet werden.
2. Bilddetektor (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich zwischen den Metallelektroden (23) die Photodiodenschicht (24) durch schmale

Schlitze (30) zur Bildung einzelner Photodioden getrennt ist.

3. Bilddetektor (5) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht (31) abgedeckt ist, so daß die Schlitze (30) ausgefüllt sind. 5

4. Bilddetektor (5) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht (31) abgedeckt ist, so daß die Schlitze (30) teilweise ausgefüllt sind. 10

5. Bilddetektor (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine entsprechend den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Metallelektroden (23) gitterförmig strukturierte, für die die Photodiodenschicht (24) beleuchtenden Strahlen undurchlässige Metallschicht (26) auf der Oberseite der oberen Elektrode (25) aufgebracht ist. 15

6. Bilddetektor (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Photodiodenschicht (24) aus einer Schichtfolge aus Phosphordotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, und Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung besteht ($n\text{-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$). 20

7. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die schmalen Schlitze (30) durch Plasma-Ätzen der Photodiodenschicht (24) hergestellt wird. 25

8. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Metallschicht (26) auf der oberen Elektrode (25) aufgebracht und gitterförmig mittels Photolithographie derart strukturiert wird, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden (23) angeordnet sind. 30 35

9. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Gitterstege der Metallschicht (26) etwa dem Abstand der unteren Metallelektroden (23) vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode (24) entspricht. 40

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

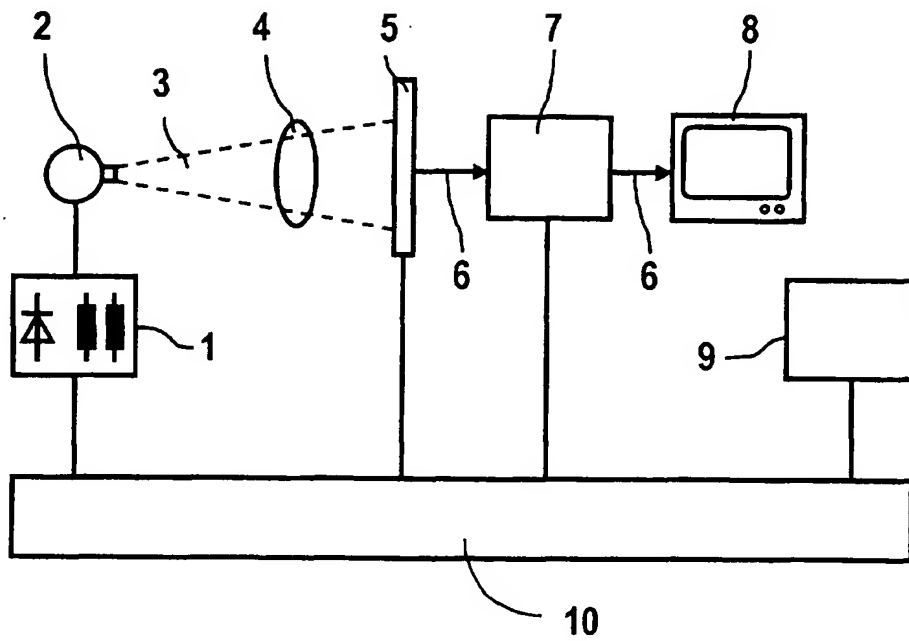


FIG 1

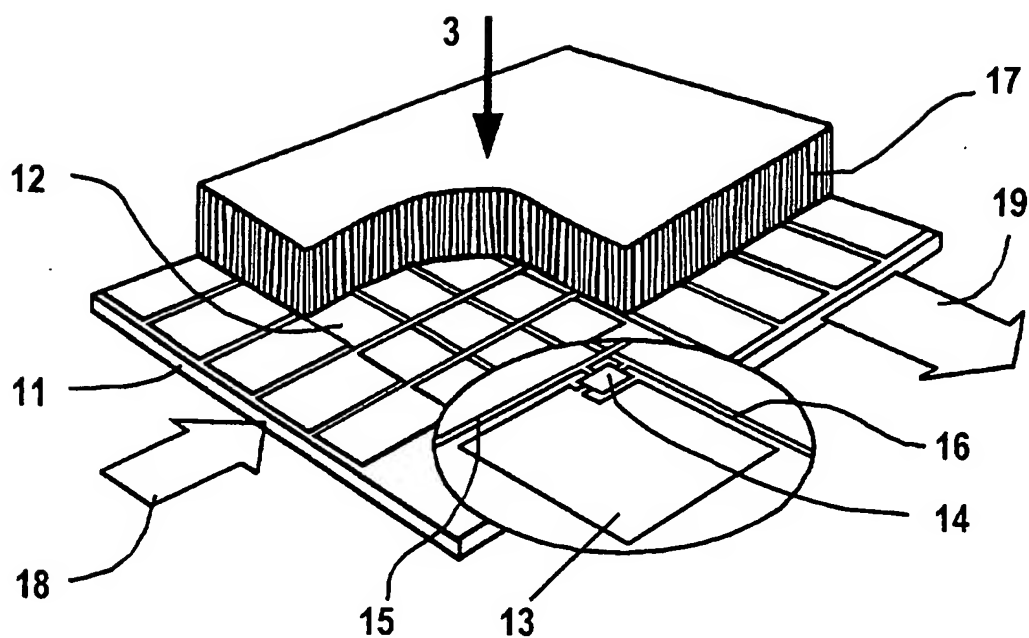


FIG 2

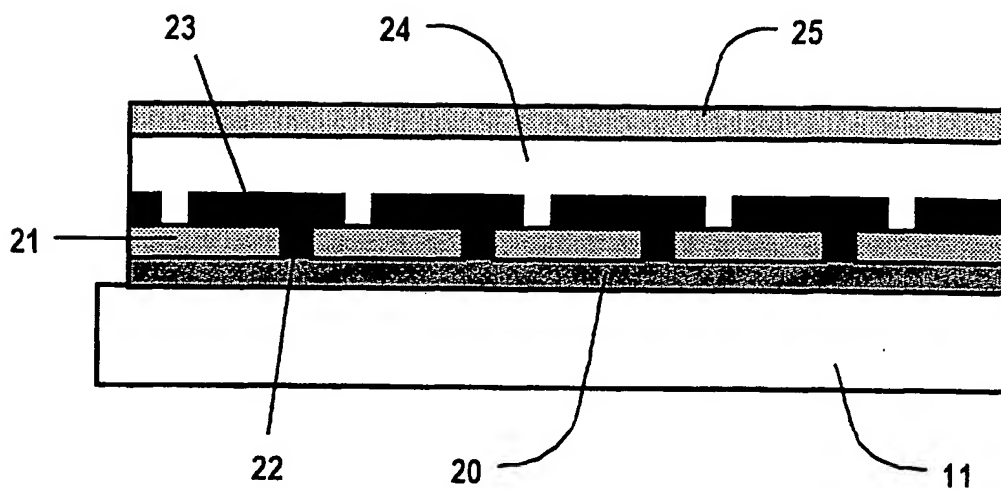


FIG 3

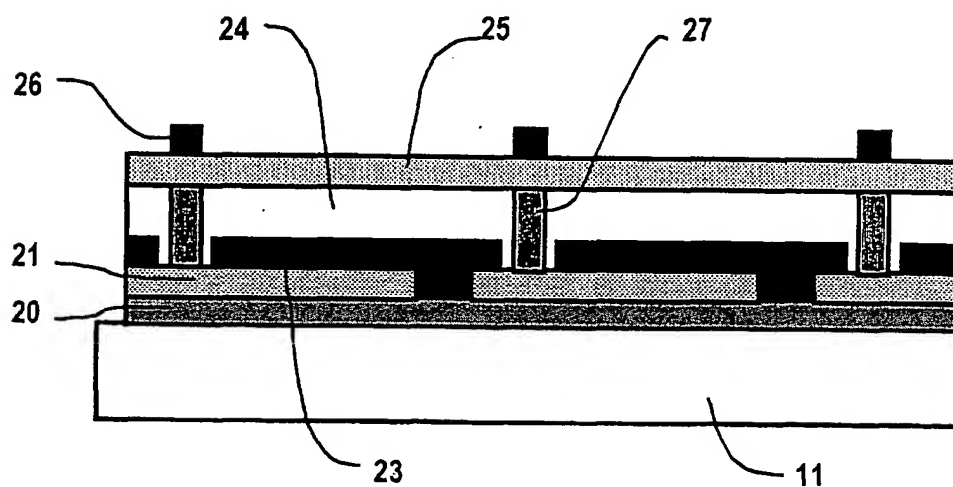


FIG 4

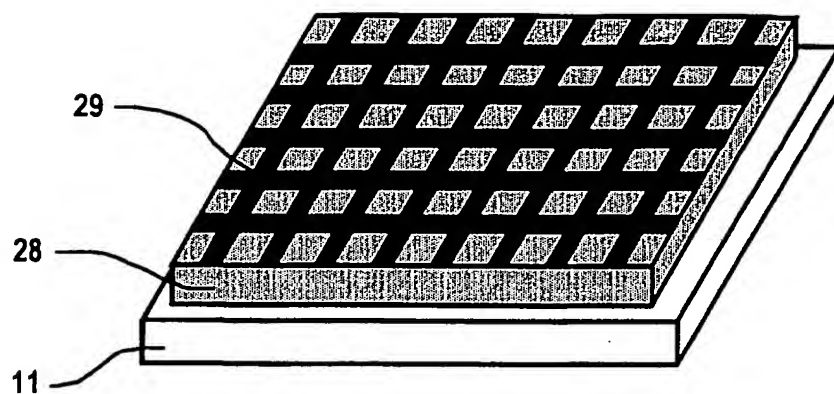


FIG 5

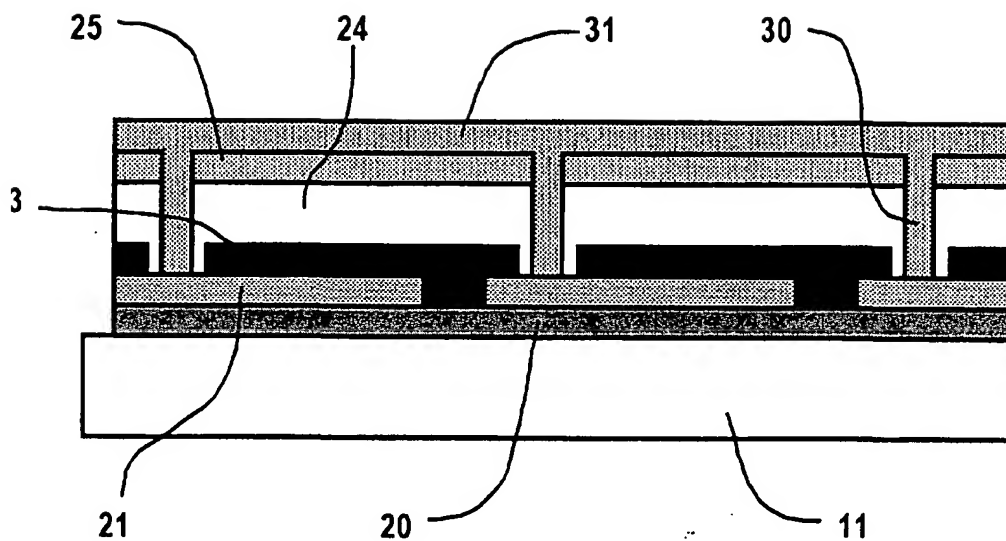


FIG 6